

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. September 2005 (29.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/090617 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C21D 7/04**,
B21K 1/08, B23P 9/04, B24B 39/04

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/001190

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Februar 2005 (05.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 008 728.8
23. Februar 2004 (23.02.2004) DE

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **REEB, Alfons**
[DE/DE]; Scheurenfeldstr. 8, 73434 Aalen (DE).
SCHMIDT, Jochen [DE/DE]; Sperberweg 9, 73529
Schwäbisch Gmünd (DE). **BÖMCKE, Alexis** [DE/DE];
Vogtlandstr. 7, 73431 Aalen (DE).

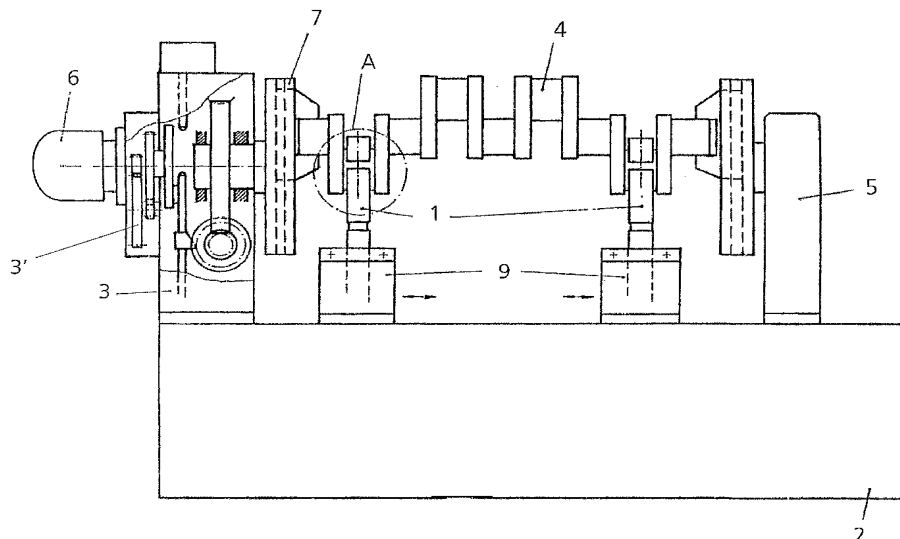
(74) Anwalt: **LORENZ, Werner**; Alte Ulmer Strasse 2, 89522
Heidenheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA,
ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR INCREASING THE ENDURANCE LIMIT, IN PARTICULAR THE BENDING
STRENGTH AND TORSIONAL STRENGTH OF CRANKSHAFTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEIGERUNG DER DAUERSCHWINGFESTIGKEIT, INSBE-
SONDERE DER BIEGEWECHSELFESTIGKEIT UND DER TORSIONSWECHSELFESTIGKEIT VON KURBELWELEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for increasing the bending strength and the endurance limit of crankshafts by locally restricted hammering in areas of high stress, such as grooves, the mouths of bores and cross-sectional transition zones, in which method pressure impulse machines or beating devices comprising beating tools are employed. The pressure impulse machines or beating devices only execute a relative displacement of the beating tool against the surface of the crankshaft segment to be processed when the compressive stress is introduced between the beating tool and said surface of the crankshaft segment to be processed. The invention also relates to a device for increasing the endurance limit of crankshafts.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/090617 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,

TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Verfahren zur Steigerung der Biegegeweichselfestigkeit und der Dauerschwingfestigkeit von Kurbelwellen durch örtlich begrenztes Hämmern in hoch beanspruchten Bereichen, wie Hohlkehlen, Bohrungsmündungen und Querschnittsübergängen, sind Druckimpulsmaschinen oder Schlagvorrichtungen mit Schlagwerkzeugen vorgesehen. Die Druckimpuls- vorrichtungen oder Schlagmaschinen führen zum Zeitpunkt der Druckspannungseinbringung zwischen dem Schlagwerkzeug und dem zu bearbeitenden Kurbelwellensegment nur eine Relativbewegung entgegengesetzt der Oberfläche des zu bearbeitenden Kurbelwellensegmentes aus. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Steigerung der Dauerschwingfestigkeit von Kurbelwellen.

Verfahren und Vorrichtung zur Steigerung der Dauerschwingfestigkeit,
insbesondere der Biegewechselfestigkeit und der Torsionswechselfestigkeit von
Kurbelwellen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steigerung der Dauerschwingfestigkeit, insbesondere der Biegewechselfestigkeit und der Torsionswechselfestigkeit von Kurbelwellen, insbesondere von Großkurbelwellen, durch lokales Hämmern von hochbeanspruchten Bereichen, wie Hohlkehlen, Bohrungsmündungen und Querschnittsübergängen, mittels Druckimpulsmaschinen oder Schlagvorrichtungen, die über Schlagwerkzeuge Druckeigenspannungen in die Kurbelwelle einbringen. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Steigerung der Dauerschwingfestigkeit von Kurbelwellen.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung dieser Art ist in der DE 34 38 742 C2 beschrieben.

Um ein nachteiliges Einbringen von tangentialen Spannungen beim örtlichen Hämmern zu vermeiden, ist dabei vorgeschlagen worden, zum Zeitpunkt der Druckimpulseinwirkung zwischen dem den Impuls ausgebenden Körper und der Werkstückoberfläche quer zur Impulsrichtung keine Relativbewegung stattfinden zu lassen. Hierzu soll der Vorschub während der Einbringung von Druckeigenspannungen durch die Schlagwerkzeuge schrittweise erfolgen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs erwähnte Verfahren weiterzuverbessern, insbesondere

hinsichtlich Wirksamkeit und Erhöhung der Dauerschwingfestigkeit, insbesondere der Biegewechsselfestigkeit und der Torsionswechsselfestigkeit.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die Druckimpulsvorrichtungen oder Schlagmaschinen zum Zeitpunkt der Druckspannungseinbringung zwischen dem Schlagwerkzeug und dem zu bearbeitenden Kurbelwellensegment nur eine Relativbewegung in einer Ebene senkrecht zur Oberfläche des Kurbelwellensegments ausführen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden wie beim Stand der Technik tangentialle Spannungen weitgehend, wenn nicht sogar vollständig vermieden. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Kurbelwelle während der Bearbeitung kontinuierlich gedreht wird, wobei während der Druckeigenspannungseinbringung durch das Auftreffen des Schlagwerkzeugs auf das zu bearbeitende Kurbelwellensegment die Drehbewegung der Kurbelwelle während der Einwirkungszeit des Schlagwerkzeuges auf die Kurbelwelle gestoppt wird.

Um dies zu erreichen, kann in einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein, dass die Einwirkungszeit des Schlagwerkzeugs und die Schlagdrücke so gewählt sind, dass die Drehbewegung der Kurbelwelle zwangsweise gestoppt wird.

Im Unterschied zum Stand der Technik kann auf diese Weise das Verfahren mit einem kontinuierlichen Antrieb für die Kurbelwelle betrieben werden, wodurch die erfindungsgemäße Vorrichtung entsprechend einfach ausgestaltet werden kann.

Hierzu ist es lediglich erforderlich, die Schlagfrequenz und die Schlagdrücke bzw. Schlagkräfte so zu wählen, dass der Drehantrieb für die Kurbelwelle und die damit verbundenen Teile, wie Getriebe, die aufgebrachten "Zwangsstopps" ohne Schäden verkraften.

Praktisch wird durch die "Zwangsstopps" das gesamte Antriebssystem wie eine Feder gespannt, welche anschließend wieder entspannt wird und die Drehbewegung für die Kurbelwelle entsprechend wieder einsetzt.

In der Praxis haben sich vorteilhafte Schlagfrequenzen zwischen 0,1 und 20 Hz, bevorzugt zwischen 1 und 10 Hz, noch stärker bevorzugt zwischen 3 und 6 Hz, herausgestellt. Die Schlagdrücke sollten - je nach Betrieb - zwischen 10 und 300 bar, bevorzugt zwischen 30 und 130 bar, noch stärker bevorzugt zwischen 50 und 120 bar, betragen.

Mit den vorstehend genannten Werten lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren in der Praxis in optimaler Weise durchführen.

Die Temperatur im Bereich des zu bearbeitenden Kurbelwellensegments sollte nicht höher als 65 °C liegen; bevorzugt werden Werte zwischen 12 und 25 °C.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch bei Kurbelwellen angewendet werden, die bereits vorher zur Steigerung ihrer Dauerfestigkeitseigenschaften durch andere Verfahren bearbeitet worden sind. So kann z.B. auch eine Kurbelwelle, die durch Induktionshärten bearbeitet worden ist, nachträglich noch bezüglich ihrer Biegeweichselfestigkeit und Dauer-

schwingfestigkeit durch eine Einbringung von Druckeigenspannungen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren verbessert werden.

In der Praxis hat sich herausgestellt, dass es durch die Einbringung von Druckeigenspannungen über das Schlagwerkzeug, welche im allgemeinen eine Kugelform aufweist, aufgrund von Materialaufwürfen zu Oberflächenrissen auch ohne Beanspruchung kommen kann. Im allgemeinen breiten sich diese Risse nicht weiter aus und sind auch nicht gravierend bezüglich der Dauerfestigkeitseigenschaften, aber sie stören zumindest das optische Erscheinungsbild. In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Erfindung kann deshalb vorgesehen sein, dass nach der Einbringung von Druckeigenspannungen durch die Schlagwerkzeuge die oberflächennahen Druckeigenspannungen durch Abarbeiten der Oberfläche des zu bearbeitenden Kurbelwellensegments reduziert und die Verformungsanrisse an der Oberfläche entfernt werden.

Da die Einbringung von Druckeigenspannungen bis zu einer Tiefe von 15 mm und auch noch tiefer erfolgen kann, bedeutet dies, im Oberflächenbereich kann eine Abtragung von einigen Millimetern, z.B. von 0,3 bis 2 mm, vorzugsweise 0,5 mm, erfolgen, ohne dass die Biegegewchselfestigkeit oder die Dauerschwingfestigkeit der Kurbelwelle darunter entscheidend leidet.

Die Abtragung der Oberfläche kann auf verschiedene Weise erfolgen, wie z.B. durch Schleifen, Drehen oder Fräsen.

Insbesondere bei Großkurbelwellen wird häufig bei Hohlkehlenradien eine sogenannte Korbbogenform gewählt. Häufig

möchte man einen sehr großen Übergangsradius haben, um die Lastspannung relativ klein zu halten, andererseits wird ein relativ kleiner Radius am Übergang zur Lauffläche gewünscht, um eine möglichst breite Lauffläche zu erhalten.

Die technisch sinnvolle Einbringung von Druckeigenspannungen in eine Korbbögenform gestaltet sich in der Praxis bisher jedoch problematisch.

Erfindungsgemäß wird zur Lösung des Problems in einer Weiterbildung nunmehr vorgeschlagen, dass bei einer Ausgestaltung des zu bearbeitenden Kurbelwellensegments in Korbbogenform, die als Vorkontur gestalteten kontinuierlichen Übergangsradien gestaltet werden, durch die Einbringung der Druckeigenspannungen durch die Schlagwerkzeuge verdichtet und anschließend die Übergangsradien auf die erforderliche Endkontur als Korbbogenform durch ein Abtragverfahren der Oberfläche bearbeitet werden.

Dies bedeutet, es ist eine Vorkontur mit einem kontinuierlichen Übergangsradius vorgesehen, der dem großen Übergangsradius entspricht. Dieser Radius wird durch die Schlagverfestigung mit dem Schlagwerkzeug verdichtet und anschließend erfolgt die Bearbeitung der Übergangsradien auf die erforderliche Endkontur in Korbbogenform mit einem entsprechend großen Übergangsradius und einem deutlich kleineren Radius am Übergang zur Lauffläche.

Diese Bearbeitung kann in gleicher Weise wie die Oberflächenbearbeitung zur Beseitigung bzw. Vermeidung von Anrissen, z.B. durch Schleifen, Drehen oder Fräsen erfolgen.

Alternativ hierzu kann vorgesehen sein, dass bei einer Ausgestaltung des zu bearbeitenden Kurbelwellensegments in Korbboogenform die Korbboogenform eines Schlagwerkzeugs in einer Ebene gebildet ist, die sich in Längsrichtung der Kurbelwelle erstreckt, während in einer Ebene senkrecht zur Längsrichtung z.B. eine Kugelform gebildet ist.

Durch ein derartiges Schlagwerkzeug, das somit nicht mehr die übliche Form einer Kugel im Schlagbereich besitzt, kann in einem Arbeitsgang die Konturenform verdichtet und damit ohne Weiterbearbeitung hergestellt werden.

Anstelle von zwei Schlagwerkzeugen pro Schlagmaschine kann auch vorgesehen sein, dass die Druckimpulsvorrichtungen oder Schlagmaschinen jeweils mit ihren Längsachsen in Schlagrichtung ausgerichtet sind, und dass die Einbringung von Druckeigenspannungen durch jeweils nur ein in der dazugehörigen Druckimpulsvorrichtung oder Schlagmaschine angeordnetes Schlagwerkzeug erfolgt.

Durch diese Ausgestaltung bleibt für alle Schlagbereiche ein Linienkontakt mit dem zu bearbeitenden Kurbelwellensegment erhalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann nicht nur zur Steigerung der Biegegewecheigenschaft und der Dauerschwingfestigkeit von Kurbelwellen verwendet werden, sondern in einer vorteilhaften Weise auch zum Richten von länglichen Bauteilen, insbesondere von Kurbelwellen. Dabei werden lokal begrenzt Druckeigenspannungen durch das erfindungsgemäße Verfahren mit den Schlagwerkzeugen eingebracht, um eine entsprechend verbogene Kurbelwelle gerade zu richten. Hierzu müssen die

Schlagwerkzeuge lediglich an den entsprechenden Stellen angeordnet werden. Im Unterschied zu den bekannten Richtverfahren hat dieses erfindungsgemäße Verfahren keine negativen Auswirkungen auf die Dauerschwingfestigkeit. Im Gegenteil, als Nebeneffekt wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Dauerfestigkeit der Kurbelwelle bzw. des länglichen Bauteils sogar noch positiv beeinflusst.

Obwohl das erfindungsgemäße Verfahren für die Bearbeitung von Kurbelwellen beschrieben ist, ist es grundsätzlich auch für andere längliche Bauteile, wie z.B. Kompressorwellen, Exzenterwellen oder Zapfenkreuzwellen, geeignet. Grundsätzlich betrifft die Erfindung alle Bauteile, die besonders dynamisch belastet werden.

Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschrieben.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Gesamtansicht einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens;

Fig. 2 eine Druckimpulsmaschine in vergrößerter Darstellung gemäß Einzelheit "A" aus Fig. 1;

Fig. 3 einen Schnitt III-III durch die Kurbelwelle zur Darstellung der Druckimpulsmaschine nach der Fig. 2 in axialer Richtung;

Fig. 4 eine Seitenansicht eines Schlagwerkzeugs in Korbbo-genform;

Fig. 5 eine Ansicht des Schlagwerkzeugs in axialer Richtung (Pfeilrichtung A von Fig. 4); und

Fig. 6 ausschnittsweise eine Druckimpulsmaschine mit nur einem Schlagwerkzeug.

Die in der Fig. 1 in einer Gesamtansicht dargestellte Vorrichtung entspricht grundsätzlich in ihrem Aufbau der Vorrichtung nach der DE 34 38 742 C2 mit mehreren Druckimpulsmaschinen 1, weshalb nachfolgend nur auf die wesentlichen Teile und auf die Unterschiede zum Stand der Technik näher eingegangen wird.

Die Vorrichtung weist ein Maschinenbett 2 und einen Getriebekasten 3 mit einem Getriebe 3' auf, um ein Werkstück, nämlich eine Kurbelwelle 4, in eine Drehbewegung zu versetzen. Am von dem Getriebekasten 3 und dem Getriebe 3' abgewandten Ende ist die Kurbelwelle 4 in einer Abstützung 5 drehbar aufgenommen.

Ein Antrieb 6 sorgt über das Getriebe 3' für eine kontinuierliche Drehbewegung der Kurbelwelle 4, die in einer Spannscheibe 7 aufgenommen ist.

Die nachfolgend beschriebenen Druckimpulsmaschinen 1 (in der Zeichnung sind zwei dargestellt) sind jeweils in einer Verschiebe- und Justiereinrichtung 9 justierbar gehalten, um sie an die Lage und die Länge der Kurbelwelle 4 anzupassen.

In der Fig. 2 ist die Ausbildung einer Druckimpulsmaschine 1 näher dargestellt. Sie weist einen Grundkörper 10 auf, der

entsprechend dem Radius des zu bearbeitenden Kurbelwellensegments mit einer prismatischen Anlage 11 versehen ist und in sich Führungen 12 aufweist, die zwei Döpper 13 in deren Abstützebene führen und ihnen im Abstützwinkel um einen Bolzen 15 eine entsprechende Freiheit geben, die zur Anpassung an die maßlichen Verhältnisse der Kurbelwelle 4 erforderlich sind. An den vorderen Enden der beiden Döpper 13 ist jeweils eine Kugel als Schlagwerkzeug 14 angeordnet. Ein Zwischenstück 16 stellt die Verbindung zwischen einem Schlagkolben 17 und einem Bolzen 15, der die Schlagenergie an die Döpper 13 weitergibt, her.

Zur Steigerung der Wirksamkeit des Schlages kann auf der Gegenseite des Grundkörpers 10 ein Spannprisma 18 über Federn 19 mit einstellbaren Spannbolzen 20 mit Spannmuttern 21 befestigt werden.

Durch Anordnung mehrerer Druckimpulsmaschinen 1 über die Länge der zu bearbeitenden Kurbelwelle 4 können im Bedarfsfalle alle zentrisch und gegebenenfalls exzentrisch laufenden Bereiche gleichzeitig bearbeitet werden.

Der Antrieb 6 und das Getriebe 3' sind so ausgestaltet, dass sie eine kontinuierliche Drehbewegung der Kurbelwelle 4 bewirken. Sobald die Schlagwerkzeuge 14 jedoch auf die Kurbelwelle 4 treffen, wird die Drehbewegung zwangsweise unterbrochen bzw. wird die Kurbelwelle 4 während der Dauer des Auftreffens der Schlagwerkzeuge 14 aufgrund der hohen Schlagstärke angehalten. Damit baut sich zwar eine Spannung in dem Getriebe 3' auf, aber aufgrund einer speziellen Getriebe-
kupplung im Zusammenspiel und speziell angepassten Getriebe-
spiel führt dies zu keinen Schäden. Vorzugsweise wird mit

einer Schlagfrequenz von 3 bis 6 Hz und Druckkräften von 50 bis 120 bar operiert.

Zur Vermeidung bzw. Verminderung von Anrissen, kann die Kurbelwelle 4 an den bearbeiteten Kurbelwellensegmenten im Bedarfsfalle noch mit einem Schleif-, Fräs- oder Drehwerkzeug auf eine Tiefe von 1,5 mm abgetragen werden.

Aus den Figuren 4 und 5 ist ein Schlagwerkzeug 14' ersichtlich, das eine Korbbogenform aufweist, um Radianübergänge in Korbbogenform zu verfestigen. Wie ersichtlich, weist das Schlagwerkzeug 14' in Längsrichtung der Kurbelwelle 4 zwei unterschiedliche Radien auf, nämlich einen größeren Radius R_y , welcher z.B. einen Radius von 17 mm aufweist, und einen kleineren Radius R_x mit z.B. einem Radius von 8 mm. Der kleinere Radius R_x stellt den Übergangsradius zu einer Lauffläche dar. Wie aus der Fig. 5 ersichtlich ist, besitzt das Schlagwerkzeug 14' in einer Richtung senkrecht zur Richtung der Korbbogenform des Schlagwerkzeuges 14, d.h. quer zur Längsachse der Kurbelwelle 4, einen Kugelradius R_z .

Aus der Fig. 6 ist eine Druckimpulsmaschine 1' ersichtlich, die mit nur einem Schlagwerkzeug 14 versehen ist. In diesem Falle ist die Druckimpulsmaschine 1' zur Kurbelwelle 4 schräg gestellt und zwar derart, dass das Schlagwerkzeug 14, das koaxial zur Längsachse der Druckimpulsmaschine 1' angeordnet ist, senkrecht auf den Bereich des zu bearbeitende Kurbelwellensegmentes auftrifft. In diesem Fall lässt sich zwar jeweils nur ein Kurbelwellensegment bearbeiten, aber andererseits ist die konstruktive Ausgestaltung und die Kraftübertragung der Druckimpulsmaschine 1' hierfür besser

und einfacher. Zusätzlich können dabei Bohrungsendungen mit diesem Werkzeug stehend verfestigt werden.

Besonders vorteilhaft erweist sich diese Ausgestaltung für die Anwendung an nicht symmetrischen Kurbelwellensegmenten wie der Endbereiche und der Ölbohrungsendungen; aber auch an weiteren Bauteilen, insbesondere an Segmenten mit welchen die Druckeigenspannungen nicht symmetrisch eingebracht werden können.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Steigerung der Dauerschwingfestigkeit, insbesondere der Biegegewchselfestigkeit und der Torsionswechselfestigkeit von Kurbelwellen, insbesondere von Großkurbelwellen, durch lokales Hämmern von hochbeanspruchten Bereichen, wie Hohlkehlen, Bohrungsmündungen und Querschnittsübergängen, mittels Druckimpulsmaschinen oder Schlagvorrichtungen, die über Schlagwerkzeuge Druckeigenspannungen in die Kurbelwelle einbringen, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckimpulsvorrichtungen oder Schlagmaschinen (1) zum Zeitpunkt der Druckspannungseinbringung zwischen dem Schlagwerkzeug (14) und dem zu bearbeitenden Kurbelwellensegment nur eine Relativbewegung in einer Ebene senkrecht zur Oberfläche des Kurbelwellensegments ausführen, wobei die Kurbelwelle (4) während der Bearbeitung kontinuierlich gedreht wird, und dass während der Druckeigen Spannungseinbringung beim Auftreffen des Schlagwerkzeugs (14) auf das zu bearbeitende Kurbelwellensegment die Einwirkungszeit des Schlagwerkzeugs (14) und die Schlagdrücke so gewählt sind, dass die Drehbewegung der Kurbelwelle (4) zwangsweise gestoppt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlagfrequenz des Schlagwerkzeugs (14) zwischen 0,1 und 20 Hz beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlagfrequenz des Schlagwerkzeugs (14) zwischen 1 und 10 Hz liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schlagfrequenz des Schlagwerkzeugs (14) zwischen 3
bis 6 Hz beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schlagdrücke des Schlagwerkzeugs (14) zwischen 10
und 300 bar liegen.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schlagdrücke des Schlagwerkzeugs (14) zwischen 30
bis 130 bar betragen.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schlagdrücke des Schlagwerkzeugs (14) zwischen 50
bis 110 bar betragen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Temperatur im Bereich des zu bearbeitenden Kurbel-
wellensegments unter 65 °C beträgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Temperatur im Bereich des zu bearbeitenden Kurbel-
wellensegments zwischen 12 und 25 °C liegt.
10. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Einbringung von Druckeigenspannungen durch die
Schlagwerkzeuge (14) auf Kurbelwellen (4) erfolgt, die
bereits vorher durch ein Verfahren zur Steigerung der
Dauerfestigkeitseigenschaften bearbeitet worden sind.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Einbringung von Druckeigenspannungen durch die
Schlagwerkzeuge (14) nach einer Induktionshärtung der
Kurbelwelle (4) erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
nach der Einbringung von Druckeigenspannungen durch die
Schlagwerkzeuge (14) die oberflächennahen Druckeigen-
spannungen durch Abarbeiten der Oberfläche des zu bear-
beitenden Kurbelwellensegments reduziert werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Oberfläche des bearbeiteten Kurbelwellensegments bis
zu 3 mm abgetragen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Oberfläche des bearbeiteten Kurbelwellensegments
zwischen 0,3 und 2 mm abgetragen wird.

15. Verfahren nach Anspruch 12, 13 oder 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

die Abtragung durch Schleifen, Drehen oder Fräsen erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei einer Ausgestaltung des zu bearbeitenden Kurbelwellensegments in Korbbogenform die als Vorkontur gestalteten kontinuierlichen Übergangsradien durch die Einbringung der Druckeigenspannungen über die Schlagwerkzeuge (14') verdichtet und anschließend die Übergangsradien auf die erforderliche Endkontur als Korbbogenform durch ein Abtragverfahren der Oberfläche bearbeitet werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei einer Ausgestaltung des zu bearbeitenden Kurbelwellensegments in Korbbogenform die Schlagwerkzeuge (14) mit der gewünschten Korbbogenform versehen sind.
18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Korbbogenform eines Schlagwerkzeugs (14) in einer Ebene gebildet ist, die sich in Längsrichtung der Kurbelwelle (4) erstreckt, während in einer Ebene senkrecht zur Längsrichtung eine Kugelform gebildet ist.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Druckimpulsvorrichtungen oder Schlagmaschinen (1) jeweils mit ihren Längsachsen in Schlagrichtung ausgerichtet sind, und dass die Einbringung von Druckeigenspannungen durch jeweils nur ein in der dazugehörigen

Druckimpulsvorrichtung oder Schlagmaschine (1) angeordnetes Schlagwerkzeug (14) erfolgt.

20. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 19 mit einer Druckimpulsmaschine oder Schlagvorrichtungen, die mit Schlagwerkzeugen und mit einem Getriebe zur Drehung der Kurbelwelle versehen ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Getriebe (3') mit einem kontinuierlichen Antrieb (6) für eine Drehbewegung der Kurbelwelle (4) versehen ist, wobei das Antriebssystem federartig spannbar ist.

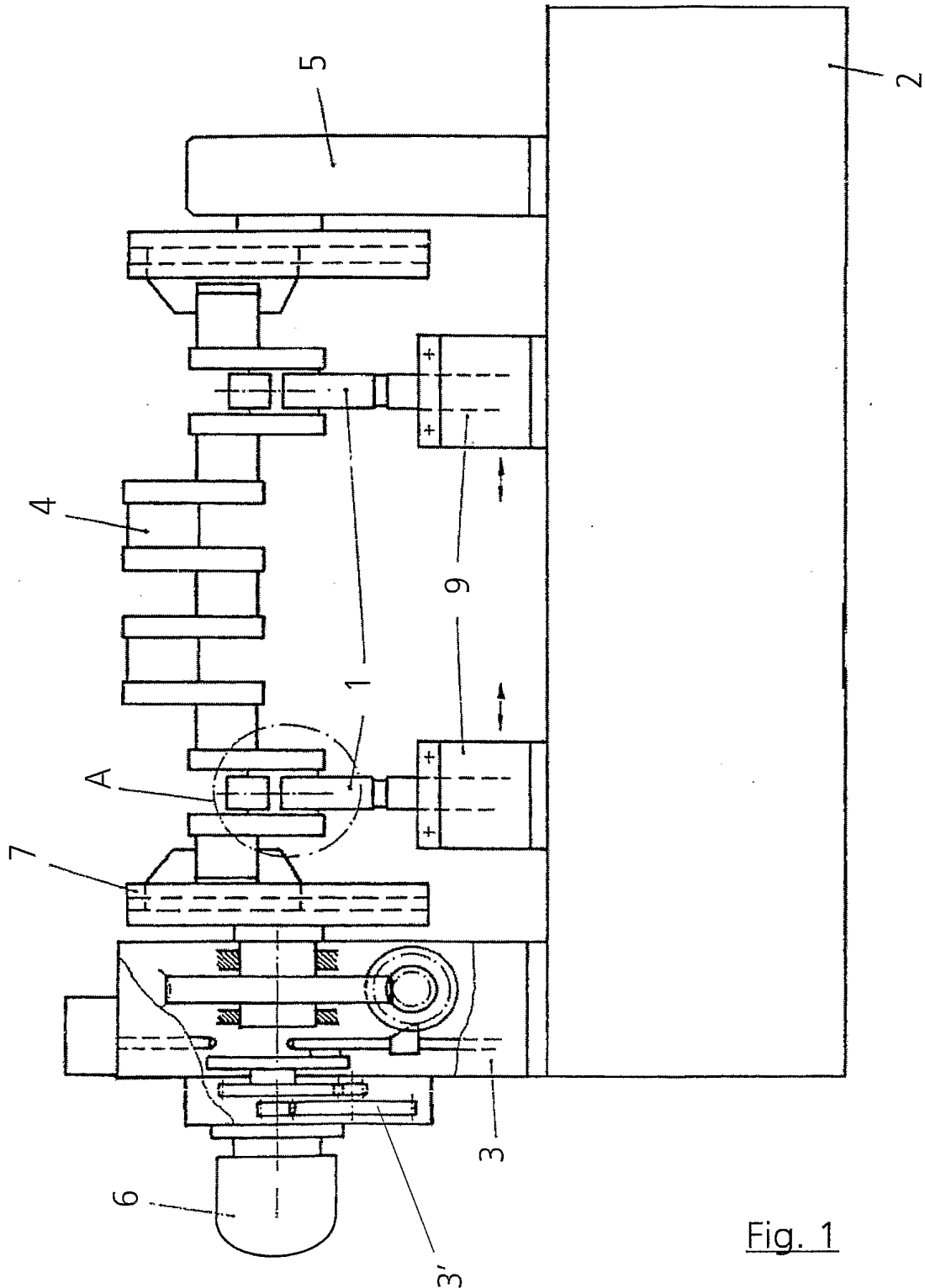


Fig. 1

2/4

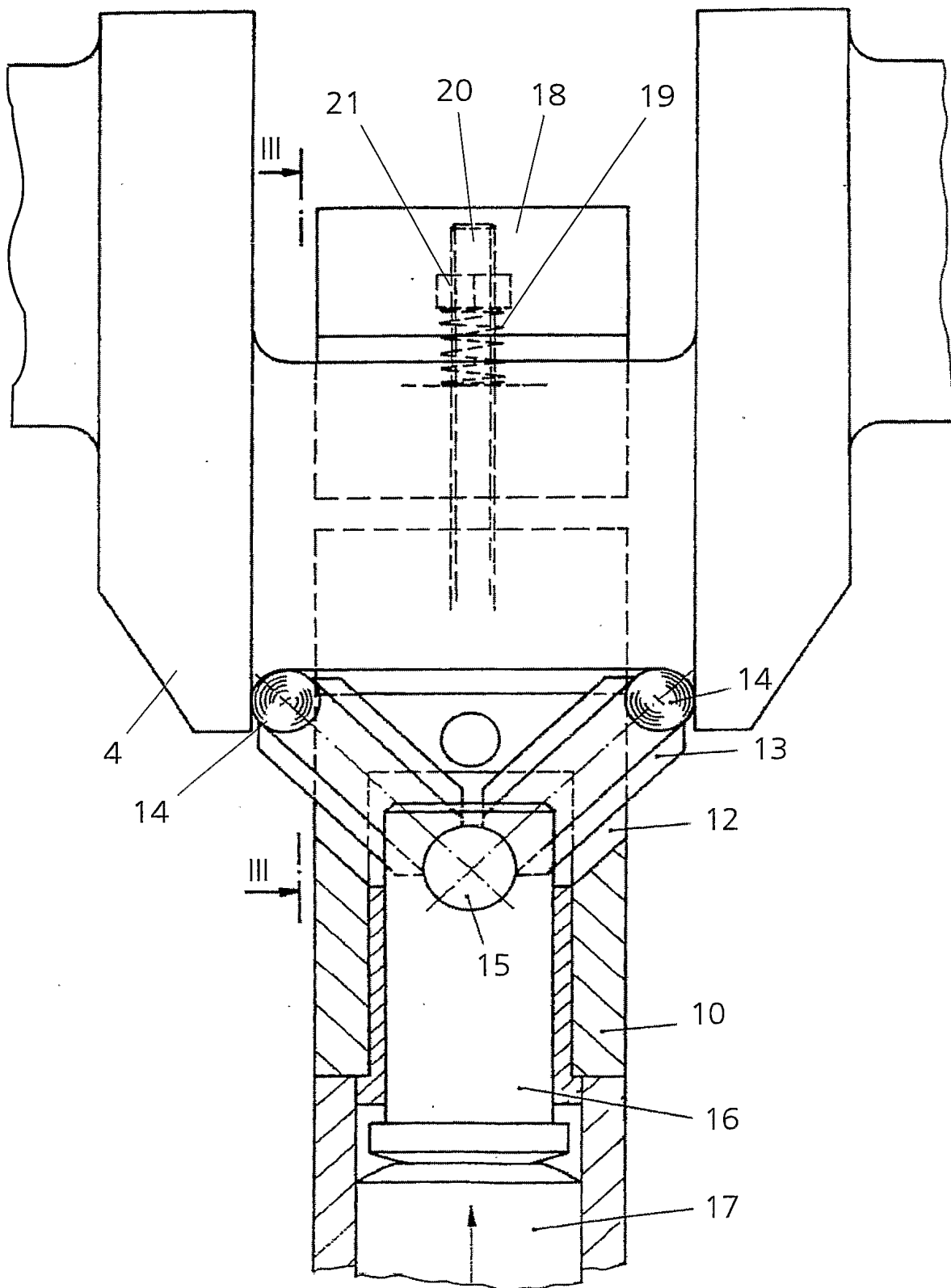


Fig. 2

3/4

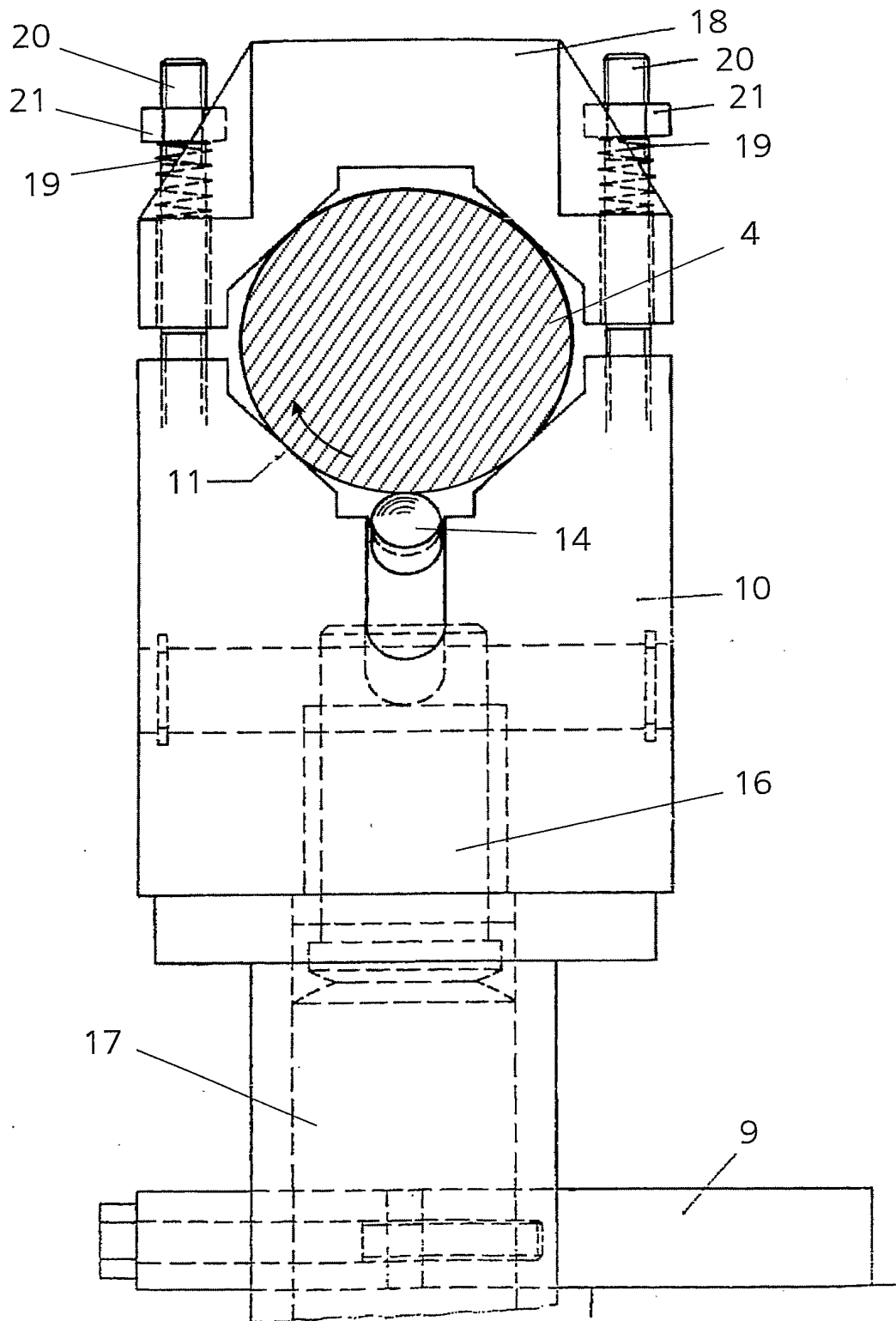


Fig. 3

4/4

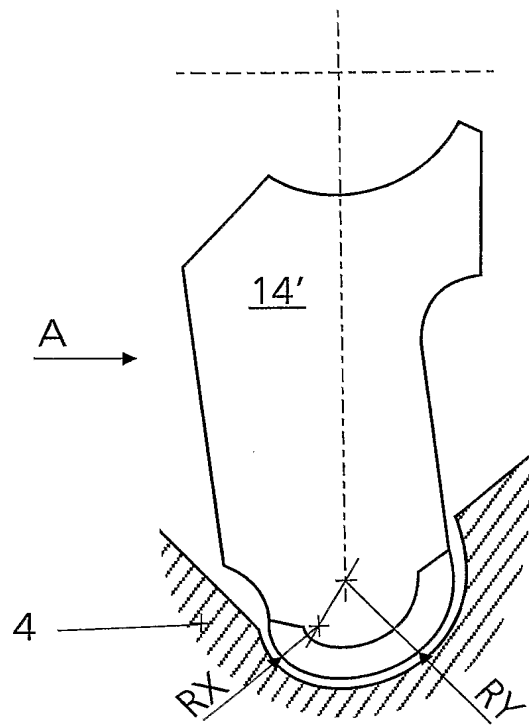


Fig. 4

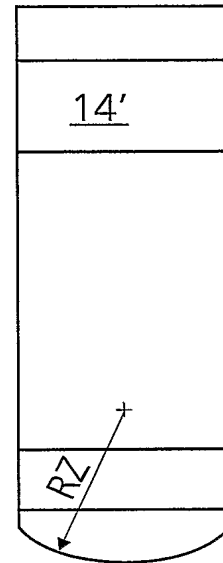


Fig. 5

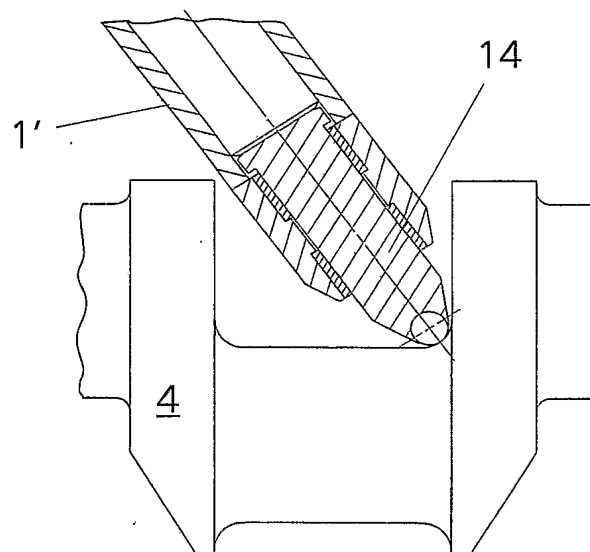


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal ☐ Application No
PCT/EP2005/001190

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C21D7/04 B21K1/08 B23P9/04 B24B39/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C21D B21K B23P B24B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 34 38 742 A1 (MASCHINENFABRIK ALFING KESSLER GMBH; MASCHINENFABRIK ALFING KESSLER GM) 30 April 1986 (1986-04-30) cited in the application	20
A	the whole document	1-19
A	US 2 888 846 A (PERAS LUCIEN) 2 June 1959 (1959-06-02) the whole document	1-20
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 138 (C-286), 13 June 1985 (1985-06-13) & JP 60 024319 A (HONDA GIKEN KOGYO KK), 7 February 1985 (1985-02-07) abstract; figures 1-4	1, 20

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 June 2005

Date of mailing of the international search report

24/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baumgartner, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat Application No
PCT/EP2005/001190

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3438742	A1	30-04-1986	EP 0180855 A1 14-05-1986 US 4682489 A 28-07-1987
US 2888846	A	02-06-1959	NONE
JP 60024319	A	07-02-1985	JP 1852379 C 21-06-1994 JP 5059170 B 30-08-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern : Aktenzeichen
PCT/EP2005/001190

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C21D7/04 B21K1/08 B23P9/04 B24B39/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C21D B21K B23P B24B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 34 38 742 A1 (MASCHINENFABRIK ALFING KESSLER GMBH; MASCHINENFABRIK ALFING KESSLER GM) 30. April 1986 (1986-04-30) in der Anmeldung erwähnt	20
A	das ganze Dokument	1-19
A	US 2 888 846 A (PERAS LUCIEN) 2. Juni 1959 (1959-06-02) das ganze Dokument	1-20
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 009, Nr. 138 (C-286), 13. Juni 1985 (1985-06-13) & JP 60 024319 A (HONDA GIKEN KOGYO KK), 7. Februar 1985 (1985-02-07) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4	1, 20

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

* & * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Juni 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/06/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Baumgartner, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internati

Aktenzeichen

PCT/EP2005/001190

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
DE 3438742	A1	30-04-1986	EP 0180855 A1 US 4682489 A	14-05-1986 28-07-1987
US 2888846	A	02-06-1959	KEINE	
JP 60024319	A	07-02-1985	JP 1852379 C JP 5059170 B	21-06-1994 30-08-1993